

**BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES**

**SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL**

**B. P. 6009 - 45018 Orléans Cédex - Tél. (38) 63.80.01**

- REGION ALSACE
- DEPARTEMENT DU BAS-RHIN
- DIRECTION REGIONALE DE L'EQUIPEMENT
- ELECTRICITE DE STRASBOURG
- MINISTERE DE L'INDUSTRIE ET DE LA RECHERCHE

DOCUMENT

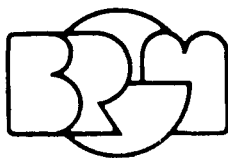


n° 9990

UTILISATION THERMIQUE DE LA NAPPE PHREATIQUE  
D'ALSACE AU NIVEAU DE STRASBOURG

-----  
*Exploitation d'un modèle de gestion*

-----  
*Novembre 1983*



**Service géologique régional ALSACE**

204, route de Schirmeck, 67200 Strasbourg - Tél. (88) 30.12.62

## TABLE DES MATIERES

### INTRODUCTION

#### 1. PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE.

1.1. Aperçu hydrogéologique.

1.2. Le réseau hydrographique.

1.2.1. L'Elle.

1.2.2. Le Rhin.

1.2.3. Le port de Strasbourg.

1.2.4. Les échanges nappe - rivières.

1.3. Exploitation de la nappe phréatique.

#### 2. COLLECTE DES DONNEES.

2.1. Caractéristiques hydrodynamiques.

2.1.1. Localisation de l'interglaciaire de Strasbourg.

2.1.2. Epaisseur des 2 couches aquifères N 1 et N 2.

2.1.3. Inventaire complet des exploitations supérieures à 1 l/s.

2.1.4. Echanges nappe - rivières.

2.1.5. Pluie efficace.

2.2. Caractéristiques thermiques.

2.2.1. Températures des caves et garages.

2.2.2. Zone non saturée ; secteur test de Café Hag.

2.2.3. Suivi des températures de la nappe.

2.2.4. Températures des eaux infiltrées vers la nappe.

2.2.5. Bilan thermique sur des installations suivies.

## 5. ELABORATION DU MODELE HYDROTHERMIQUE.

- 5.1. Discrétisation du secteur d'étude.
  - 5.1.1. Schéma de discrétisation.
  - 5.1.2. Maillage.
  - 5.1.5. Discrétisation des cours d'eau.
- 5.2. Mécanismes de transfert thermique.
  - 5.2.1. Généralités.
  - 5.2.2. Rôle thermique de l'éponte supérieure.
- 5.3. Données introduites dans les équations du modèle.
  - 5.3.1. Estimation de la moyenne annuelle de la température au sol.
  - 5.3.2. Calcul des températures des eaux rejetées dans la nappe.
- 5.4. Structure informatique du modèle.
  - 5.4.1. Fichiers informatiques.
  - 5.4.2. Calcul hydrodynamique.
  - 5.4.5. Calcul hydrothermique.

\*

## 4. ETALONNAGE DU MODELE EN PERMANENT SUR L'ETAT 1980.

- 4.1. Points de calage.
- 4.2. Résultats de l'étalonnage.

## 5. SIMULATIONS DE DIFFERENTES HYPOTHESES.

- 5.1. Utilisation thermique 1982/1985.
- 5.2. Projets d'utilisation thermique 1984/1985.
- 5.3. Test de potentialité de la nappe.
- 5.4. Comportement de la nappe en fonction des différentes simulations.

## 6. ASPECT ECONOMIQUE DES INSTALLATIONS DE POMPES A CHALEUR EAU-EAU.

### 6.1. Quelques exemples de réalisation.

6.1.1. Secteur d'habitation.

6.1.2. Secteur tertiaire.

### 6.2. Situation actuelle des installations thermiques à Strasbourg et ses environs.

6.2.1. Installations rejetant les eaux glacées dans la nappe.

6.2.2. Ensemble des installations PAC eau-eau.

### 6.5. Bilan économique des hypothèses considérées dans le modèle de gestion hydrothermique.

6.5.1. Situation des projets à court terme (1985).

6.5.2. Test de potentialité de la nappe à Strasbourg.

## 7. PROPOSITIONS DE GESTION DE LA NAPPE A STRASBOURG.

7.1. La préservation des captages d'eau potable et d'industries alimentaires.

7.2. Interférences thermiques entre installations.

7.3. Problème des petites installations.

7.4. Contrôle de la qualité des eaux réinjectées dans la nappe.

7.5. Contrôle thermique de la nappe.

7.6. Résumé de proposition.

## 8. CONCLUSIONS.

8.1. Tableau récapitulatif.

8.2. Cartes d'impact thermique.

8.3. Nécessité d'une gestion globale.

## I N T R O D U C T I O N

=====

L'utilisation thermique des nappes phréatiques, en particulier par PAC eau/eau, se développe rapidement en Alsace, compte tenu de la puissance des nappes phréatiques et de leurs facilités d'accès.

La multiplication de ces installations risque de poser des problèmes d'autant plus qu'aucune réglementation particulière ne s'applique : les doublets de forages thermiques ne sont pas soumis à autorisation, ni même à déclaration pour ceux de moins de 10 m de profondeur et de faible débit.

Par ailleurs, la tentation peut être grande d'orienter vers un puits de rejet thermique des eaux pluviales (ou même des eaux polluées), risquant d'induire une contamination des eaux des nappes phréatiques, utilisées pour l'alimentation en eau potable, par les industries et pour l'aspersion des cultures.

Dans ce contexte particulier, le Service Géologique Régional Alsace a, dès 1975, élaboré un programme de travail pluriannuel, à mettre en oeuvre en priorité sur l'agglomération de Strasbourg ; c'est là que la densité des doublets est la plus importante d'Alsace et des interférences risquent de se manifester, au cours des prochaines années, entre différentes installations thermiques, ou de présenter un impact sur des captages d'eau potable ou brasseries, nombreuses à Strasbourg.

La première phase de ce travail, concernant l'acquisition des données a débuté en 1979, et s'est poursuivie en 1980/81.

La deuxième phase, objet de ce rapport, consiste en l'élaboration d'un modèle hydrothermique sur Strasbourg, afin de disposer d'un outil de gestion destiné

- à optimiser l'utilisation thermique de la nappe,
- à préserver les autres utilisations plus traditionnelles mais indispensables.

## 1. PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE.

### 1.1. Aperçu hydrogéologique.

Le domaine de l'étude s'étend au Sud d'Illkirch - Graffenstaden jusqu'à Reichstett au Nord, et d'Oberhausbergen à l'Ouest jusqu'au Rhin à l'Est. Il constitue donc un rectangle de longueur N.S. 15,75 km et de largeur O.E. 10 km (figure 1).

Dans ce secteur, la nappe phréatique est contenue dans les alluvions rhénanes qui ont une épaisseur croissante depuis le Nord-Ouest vers le Sud-Est, avec un maximum de 100 m sous le Polygone. Le Rhin joue le rôle de niveau de base de la nappe, drainant ou alimentant la nappe suivant la position des différents biefs (Y. BABOT, 1981).

La perméabilité des alluvions est voisine de  $2 \cdot 10^{-3}$  m/s en moyenne sur l'ensemble du secteur ; la porosité efficace varie de 5 à 15 %.

La nappe s'écoule d'Ouest en Est dans la région Ouest (Oberhausbergen) et du Sud au Nord entre l'Ill et le Rhin. Le gradient moyen est de 1 ‰.

### 1.2. Le réseau hydrographique (figure 2).

Le schéma de circulation des eaux superficielles dans l'agglomération strasbourgeoise a été décrit dans les rapports du B.C.E.O.M. et du Service Géologique Régional Alsace en 1975 et 1976. Il convient toutefois, en raison de sa complexité, d'en rappeler les principales caractéristiques.

#### 1.2.1. L'ILL.

En amont de Strasbourg, à Erstein, le débit de l'Ill reste toujours inférieur à 27 m<sup>3</sup>/s, les débits excédentaires étant dérivés vers le Rhin (plan d'eau de Plobsheim) par l'intermédiaire du canal de décharge de l'Ill. Afin de soutenir les débits d'étiage de l'Ill, un canal d'alimentation, où transitent les eaux rhénanes, lui apporte un débit moyen de 12 à 14 m<sup>3</sup>/s. Ce débit peut être ramené à 4 m<sup>3</sup>/s lorsque la Bruche est en crue.

Entre Erstein et Strasbourg, trois cours d'eau de faible importance confluent avec l'Ill. Il s'agit de la Scheer, de l'Andlau et de l'Ehn.

En amont immédiat de la ville de Strasbourg, la Bruche, dont la crue centenaire atteint environ 200 m<sup>3</sup>/s, se jette dans l'Ill à hauteur de la Montagne Verte.

- A l'écart des installations, suivre l'évolution thermique générale de la nappe (ces deux premiers points étant nécessaires entre autres pour une conservation de la représentativité du modèle).
- Juste en amont des puits AEP (périmètre rapproché) et d'industries alimentaires, interdire les puits de rejet, installer des piézomètres de contrôle de la qualité des eaux et limiter les rejets en nappe dans le périmètre éloigné.
- Tester sur le modèle les projets de nouvelles installations avec rejet en nappe, là où les interférences avec des installations existantes seront probables.
- Favoriser les rejets des installations de chauffage dans les ruisseaux et rivières ou même développer les capteurs thermiques sur rivière par les habitations riveraines.
- Supprimer les rejets thermiques d'eau propre dans les égouts, et orienter les rejets chauds dilués vers la nappe en amont des doublets de forages pour PAC ; mais après avoir fait le nécessaire pour récupérer le maximum de calories à la source.

#### 8. CONCLUSIONS.

Les données thermiques acquises sur la nappe de 1979 à 1981 ont permis l'élaboration d'un modèle hydrothermique sur l'ensemble de l'agglomération de Strasbourg. Après étalonnage sur un état moyen 1980, les calculs ont pris en compte l'impact thermique sur la nappe

- . des installations fonctionnant en 1985,
- . des projets 1984/85
- . d'un test de potentialité.

Ce test est basé sur les grands ensembles d'habitation, à l'écart des captages d'eau potable et alimentaire.

. Les tableaux suivants résument ces calculs en quelques chiffres arrondis (M = millions)

Prélèvements en nappe pour utilisation thermique M m <sup>3</sup> /an (1)	Bilan thermique des rejets en nappe en M th/an			Economies annuelles de chauffage		
	Rejets chauds	Rejets froids	Différence (2)	TEP/an	MF/an (3)	équivalents logements concernés (4)
7,5	+ 5	- 2	+ 3	-	-	-
17,4	+ 7,6	- 11,5	- 3,7	5 000	20	10 000
50	+ 8	- 59	- 51	8 000	32	16 000
47	+ 8	- 71	- 63	12 000	46	23 000

Ces chiffres incluent le chauffage et la climatisation et sont :

- 1) à situer par rapport à tous les autres pompages de l'agglomération qui s'élèvent à 100 M m<sup>3</sup>/an et sont à peu près constants sur la période 80/85
- 2) entre 80 et 85, les rejets froids l'emportent sur les rejets chauds en nappe ; par le "test", on a supposé (pessimiste) aucun rejet chaud supplémentaire pour la nappe
- 3) Economie sur frais de fonctionnement (sans compter l'amortissement de l'investissement)
- 4) à comparer avec les 150 000 logements du secteur concerné + le tertiaire, important à Strasbourg et souvent équipé de PAC.

. Les cartes d'impact thermique illustrent cette évolution rapide

. En 1985, l'impact (par rapport à 1980) reste faible ; on note l'interférence bénéfique des rejets chauds d'Istra sur les H.L.M. de Bischheim

. En 1985, cet impact (par rapport à 1983) s'intensifie dans les quartiers où interfèrent plusieurs installations (phénomène en cascade), en particulier à Neudorf - Meinau où la baisse de la température pourrait dépasser localement, 2° C en moyenne, et 0,5° C sur une surface de 400 ha.



. Pour le test, ce phénomène se multiplie et les secteurs à baisse de température supérieure à  $0,5^{\circ}$  C en moyenne s'étendrait globalement sur 1 000 ha.

. L'impact thermique sur les captages d'eau potable reste négligeable, partout inférieur à  $0,2^{\circ}$  C en moyenne. Pour les captages des industries alimentaires, c'est également le cas général, sauf pour Suchard, Laiterie Centrale et Adelshoffen où l'on atteint ou dépasse légèrement  $0,2^{\circ}$  C.

. Ce résultat ne pourra être maintenu que si une réglementation adéquate est mise en oeuvre, comme on l'a supposé dans le modèle.

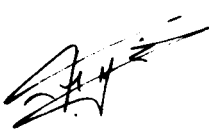
3. La nécessité d'une gestion globale de la nappe phréatique à Strasbourg apparaît et donc une certaine réglementation concernant essentiellement les puits de

- Protection des captages d'eau potable et d'industries alimentaires (respect d'un zonage périmètre de protection ou équivalent)
- Protection des installations thermiques existantes (test sur modèle local de tout nouveau projet avec rejet de  $Q > 10 \text{ m}^3/\text{h}$  par exemple)
- Actualisation des données par
  - . déclaration des puits, analyses de contrôle aux rejets
  - . campagne bi-annuelle de mesures thermiques globales sur les puitspour conserver la représentativité du modèle et "coller" à la réalité de la nappe.


Le problème reste néanmoins posé pour toutes les installations individuelles se multipliant dans le pavillon mais suburbain et dont la connaissance reste hasardeuse : il est donc difficile de les protéger au nom de l'antériorité, ou de leur faire respecter les autres doublets de PAC ou même les captages d'eau potable ou alimentaire.

Les Ingénieurs chargés d'étude


Le Directeur du Service  
Géologique Régional Alsace



F. MERHEB



Y. BABOI



J.J. RISLER